

基于生态-经济-产业综合分析的平潭岛开发适宜性评价

李青生¹, 黄金良², 王翠¹, 王炳坤¹, 吴耀建¹, 张继伟¹, 林河山³, 罗汉宏²

(1. 国家海洋局第三海洋研究所, 福建 厦门 361005; 2. 厦门大学环境与生态学院, 福建 厦门 361005; 3. 国家海洋局海岛研究中心, 福建 平潭 350400)

摘要: 基于平潭岛生态、经济和产业资料, 利用地理信息系统(Geographical Information System, GIS)、层次分析法(Analytic Hierarchy Process, AHP), 建立了海岛生态-经济适宜性评价方法, 对平潭岛生态-经济适宜性进行评价并进行适宜性分区, 将平潭岛分为不适宜开发区域、限制性开发区域和适宜开发区域, 面积分别为 61.87、107.48 和 112.19 km², 分别占全岛面积的 21.98%、38.17%和 39.85%。而后通过层次聚类分析(Hierarchical Cluster Analysis, HCA)和产业发展分析进行了产业适宜性分析, 将 11 个乡镇分成产业一类和产业二类两大类: 其中产业一类主要包括芦洋乡、中楼乡和岚城乡, 主要分布于中部平原区域, 适宜发展种植业、农产品加工业; 产业二类主要包括潭城镇、苏澳镇、澳前镇、流水镇、北厝镇、敖东镇、平原乡和白青乡, 主要分布于沿海丘陵区域, 适宜发展渔业、旅游业。本研究评价结果可以为平潭岛综合开发利用规划提供参考。

关键词: 生态-经济-产业综合分析; 开发适宜性; 地理信息系统(GIS)-层次分析法(AHP)-层次聚类分析(HCA)方法; 平潭岛

中图分类号: P964 文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2017)01-0001-10

DOI: 10.11759/hyxx20160722001

土地适宜性评价是评估土地作为特定用途土地的适宜性评价过程^[1], 可以为土地开发利用、土地规划等提供一个全面的视角, 为科学、合理地利用土地资源创造条件。随着海洋经济的发展, 海洋经济在国民经济中发挥着越来越重要的作用^[2], 而海岛作为海洋经济发展的桥头堡和海洋开发的前哨, 具有丰富的资源和独特的区位优势, 其在海洋经济发展和海洋资源开发方面的价值日益凸现^[3]。然而目前的海岛开发中存在着开发论证不足、开发盲目性和随意性较强等问题, 对海岛生态系统造成了极大的破坏^[4-5]。因此, 为了避免海岛盲目无序开发, 促进海岛的可持续发展, 进行科学、系统和全面的开发适宜性评价具有重要的现实意义, 是实现海岛合理开发的前提和基础。

多年来, 科学家和管理者在土地开发适宜性方面都进行了大量的研究。自 20 世纪 60 年代起, 土地适宜性评价就成为土地规划的基本程序^[6]; 20 世纪 70 年代以来, 地理信息系统(Geographical Information System, GIS)的成熟促进了土地适宜性评价的发展^[7-9]。随着信息采集、数据处理等技术的进步, 土地适宜性评价逐渐应用到各个领域, 如农作物种植适宜性评价^[10-12], 景观规划^[13-14], 环境影响评价^[15], 土地修复^[16]和城市可持续发展研究^[17-18]等。我国的开发

适宜性研究主要集中在山地缓坡^[19-20]、流域^[21-22]、城市^[23-24]等区域, 海岛相关的适宜性评价主要是集中于无居民海岛或者小面积岛屿的开发适宜性^[25-27], 而从生态-经济-产业多层次对大型有居民海岛开发适宜性研究未见报道。

平潭岛是中国第五大岛, 平潭岛所在的平潭县是大陆距离台湾岛最近的县, 是大陆与台湾联系的重要基地。自 2010 年设立平潭综合实验区以来, 平潭岛进入了快速开发阶段: 城市建设加快、围填海工程大量增加、旅游业快速发展、环境污染日益严重等。而平潭岛的生态系统是极其脆弱的, 表现在淡水资源缺乏^[28]、环境污染加重^[29-30]、植被快速衰退^[30]、海岸侵蚀严重^[31]等方面。如何在开发的同时保护海岛生态系统, 即探究平潭岛开发适宜性具有较强的必要性和紧迫性。本研究利用 GIS 技术、层次分析法(Analytic

收稿日期: 2016-07-22; 修回日期: 2016-11-04

基金项目: 国家自然科学基金(41406121); 国家海洋局第三海洋研究所基本科研业务专项(2012020)

[Foundation: National Natural Science Foundation of China, No. 41406121; Scientific Research Foundation of Third Institute of Oceanography, State Oceanic Administration, No. 2012020]

作者简介: 李青生(1985-), 男, 安徽南陵人, 硕士, 工程师, 主要从事海岸带空间规划研究, 电话: 0592-2195711, E-mail: qsl@tio.org.cn

Hierarchy Process, AHP)、聚类分析(Hierarchical Cluster Analysis, HCA)等技术,充分考虑平潭岛的资源潜力、生态现状和产业基础,研究平潭岛开发适宜性,以期平潭岛科学开发提供科技和决策支持。

1 研究区域、数据与方法

1.1 研究区域

平潭岛,又称海坛岛,位于福建省东部,台湾海峡西北部,面积 281.5 km²,为全国第五大岛、福建第一大岛。东临台湾海峡,西隔海坛海峡与福州市、长乐市隔海相望。该岛分布 7 镇(潭城镇、苏澳镇、流水镇、澳前镇、北厝镇、平原镇、敖东镇)4 乡(白青乡、芦洋乡、中楼乡、岚城乡)。

平潭岛呈南北长条状,地势南北高、中部低,岛中部为海积与风积平原,北部、南部为丘陵、台地;中部平原区主要分布有芦洋乡、中楼乡、岚城乡等,沿海丘陵区域主要分布有潭城镇、苏澳镇、流水镇、澳前镇、北厝镇、平原镇、敖东镇和白青乡等乡镇。平潭岛年降水量约 900~1 200 mm,气候属典型的南亚热带海洋性季风气候,光照充足,热量丰富。属亚热带常绿阔叶林植被地带,近代遭受人为砍伐影响,原生植被多遭破坏,主要植被以次生植物为主,主要树种有马尾松、杉木、竹林、木麻黄、灌木丛等,沿海地带有少量红树林、沙生草木等。岛上经济以农渔业为主,与农渔业密切相关的造船、水产品加工等产业发达,近年来旅游业也发展迅速。平潭岛地理位置见图 1。

1.2 研究数据

土地利用数据来自 TM 影像数据解译获得;DEM 数据源自地理空间数据云平台的 GDEM 数据集;坡度数据由 DEM 数据处理获得;交通数据由交通图件矢量化获得;地质灾害分区矢量化来自平潭县地质灾害防治区划图件;自然保护区图层由《平潭综合实验区总体规划(2011~2030)》^[32]相关图件矢量化而成。人口数据、国内生产总值(GDP)和产业相关数据来源于《2013 年平潭综合实验区统计年鉴》^[33]和《2014 年平潭综合实验区统计年鉴》^[34];水资源数据和环境监测数据来自《平潭综合实验区总体规划环境影响报告书》^[35]。

1.3 研究方法

1.3.1 GIS 分析

本研究利用 ARCGIS 软件进行空间数据管理

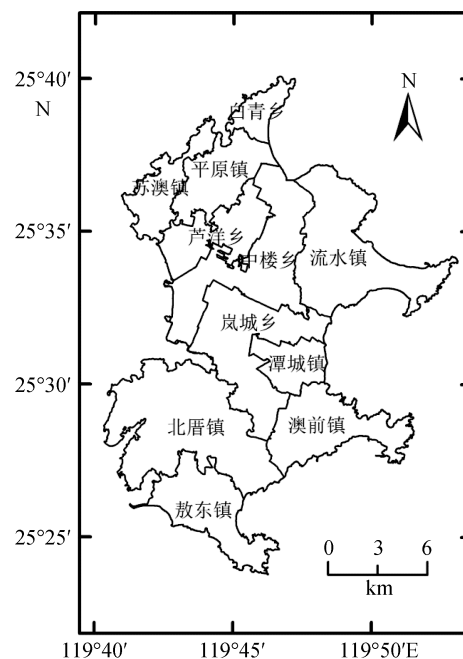


图 1 平潭岛地理位置

Fig. 1 Location of Pingtan Island

与分析,主要包括:(1)矢量与栅格数据的转换:将经过分类后处理的海岛土地利用类型、水资源、人口、GDP、保护区等指标的矢量数据转换成栅格数据(栅格边长为 30 m),为进行叠加分析做准备;(2)空间分析:针对距离道路距离进行欧式归一化处理,生成栅格图层;进行切割、栅格图层计算与叠加、重分类等空间分析。

1.3.2 层次分析法

本研究中利用层次分析法获得生态经济适宜性分析中各指标的权重^[9, 36-38]。经济适宜性和生态适宜性作为两个准则层,每个准则层包含 5 个指标。指标间相对重要性矩阵由专家咨询法获得。

1.3.3 聚类分析

本研究利用层次聚类分析来进行产业适宜性分类分析。分析中具体采用离差平方和法(ward's method)和欧几里得度量(euclidean metric)来探索各乡镇开发适宜性的空间相似性和差异性。

2 结果

2.1 生态-经济适宜性评价

2.1.1 指标选取

在海岛开发的过程中,既要保证资源得到充分有效利用,又要保证生态敏感区域不受干扰。本研究将这两方面归纳为经济适宜性和生态适宜性,适宜

性越大则越适宜开发。按照经济适宜性和生态适宜性的分类以及指标资料的可获得性,本研究共选取 10 个指标参与适宜性评价,分别为土地资源、交通条件、水资源、人口密度、人均 GDP、高程、坡度、

生态敏感区、环境容量和地质条件。准则层为经济适宜性和生态适宜性,每个准则层包含 5 个指标,具体见表 1。准则层相对于开发适宜性的权重、指标相对于准则层的权重由 AHP 法确定,权重具体见表 1。

表 1 指标归一化方法和权重

Tab. 1 Method of indices normalization and weighting

适宜性评价 指标类型	适宜性评价 指标	归一化方法	权重
经济社会 适宜性	土地资源	赋值耕地为 1; 园地为 0.9; 林地、草地和裸地为 0.8; 滩涂为 0.5; 开发用地、水库坑塘、风景名胜地为 0。	0.200
	交通条件	距离道路 0 m 设置为 1; 5 km 设置为 0; 0~5 km 按照欧氏距离归一化。	0.117
	水资源	多年平均径流深大于 500 mm 设为 0.8; 小于 500 mm 设为 0.6。	0.110
	人口密度	大于 2 000 人/km ² 的乡镇设为 1; 1 000~2 000 人/km ² 的乡镇设为 0.8; 500~2 000 人/km ² 的乡镇设为 0.6; 小于 500 人/km ² 的乡镇设为 0.4。	0.045
	人均 GDP	高于 5 万元/(人·a) 的乡镇设为 1; 3~5 万元/(人·a) 的乡镇设为 0.8; 1~3 万元/(人·a) 的乡镇设为 0.6; 低于 1 万元/(人·a) 的乡镇设为 0.4。	0.029
生态环境 适宜性	高程	低于 10 m 的设为 1; 10~15 m 的设为 0.6; 15~20 m 的设为 0.3; 高于 20 m 的设为 0。	0.082
	坡度	低于 8° 的设为 1; 8~15° 的设为 0.6; 15~25° 的设为 0.3; 高于 25° 的设为 0。	0.116
	生态敏感区	生态敏感区(包括风景区和森林公园)设为 0; 非保护区设为 1。	0.140
	环境容量	有较大范围海域为工业与城镇用海区的乡镇设为 1; 有较小范围海域为工业与城镇用海区的乡镇设为 0.7; 没有海域为工业与城镇用海区的乡镇设为 0.4。	0.074
	地质条件	地质灾害重点防治区设为 0; 地质灾害次重点防治区设为 0.5; 地质灾害一般防治区设为 1。	0.089

在经济适宜性指标的选取和赋值主要考虑以下几个方面。首先,采用土地利用类型表征土地利用方式影响的建设开发限制性。耕地、草地、林地等类型土地能够较好地保证开发用地需要,而城镇建成区、水体和滩涂等则不适合进行开发建设。其次,采用公路通达性表征新开发用地与主要道路的空间联系,显然距离公路景观越远则越不适宜布局开发用地,开发用地在公路两侧则通达性最高,距离公路越远则通达性越差。用地开发增大了水资源的供给压力,因此水资源也是开发建设的限制条件。最后,选择人口密度和人均 GDP 作为建设开发的辅助性指标:通过人口密度反映区域的人力资源,可以作为建设开发人力支持的指标;而人均 GDP 可以反映区域的经济水平,也是对开发建设的经济支持方面的指标。

在生态适宜性指标的选取和赋值中则主要考虑以下几个方面。首先,从灾害易发性角度考虑地质灾害分区,在地质灾害易发性的表征中,主要参考平

潭综合实验区地质灾害防治区划的成果。其次,从灾害的危险性角度和开发建设的便利角度考虑高程和坡度的作用,显然高程越高、坡度越陡,地质灾害的发生强度可能会增大,也越不便于进行开发建设。再次,较大的环境容量有利于开发建设。最后,立足于生态视角考虑了生态敏感区(包括景区和森林公园)的限制性因素,这两种线状指标并不存在空间衰减关系,而是作为限制条件,生态敏感区范围内不宜进行开发建设。

每个指标的归一化方法的确定如表 1 所示,空间分布如图 2 所示。经济适宜性准则层中权重较高的指标包括土地资源、交通条件和水资源。在生态环境适宜性准则层中,生态敏感区和坡度是权重最高的两个因素。

2.1.2 生态-经济适宜性评价

适宜性评价各指标的空间分布如图 2 所示。将适宜性指标按照权重加和,得到生态-经济适宜性评价结果。

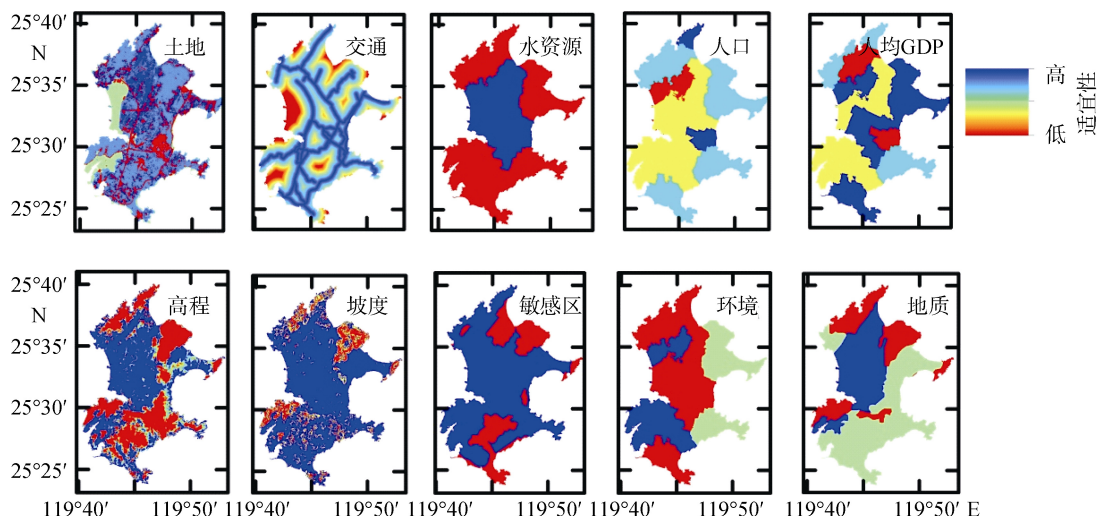


图2 适宜性评价指标空间分布

Fig. 2 Spatial patterns of the suitability indices

在平潭岛开发生态-经济适宜性结果的基础上,采用自然断点法将平潭岛划分为不适宜开发区、限制性开发区和适宜开发区,并将小于 10 hm²的碎块合并到邻接的最大面积斑块中,结果如图 3 所示。平潭岛不适宜开发区域主要分布在北部的白青、苏澳区域,南部的丘陵区域以及县城区域;限制性开发区域主要分布在长江澳、白青乡,以及南部的北厝镇北部丘陵地带;适宜开发区域主要分布于中部平原区,东部的流水镇,以及西南部的北厝镇区域。各

乡镇的适宜开发区、不适宜开发区和限制性开发区的面积比例如图 4 所示,各分区的面积和比例如表 2 所示。

表 2 平潭岛生态-经济适宜性分区的面积和占平潭岛总面积比例

Tab. 2 Areas of eco-economic suitability zoning and their proportion of the total area of Pingtan Island

适宜性类型	面积/km ²	占平潭岛总面积比例/%
不适宜开发区域	61.87	21.98
限制性开发区域	107.48	38.17
适宜开发区域	112.19	39.85

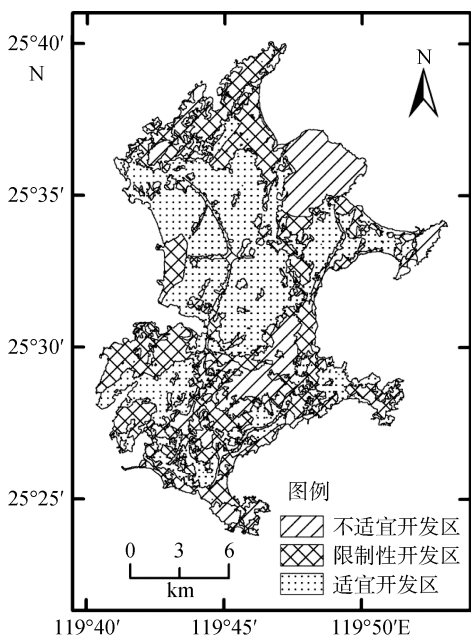


图3 平潭岛生态-经济开发适宜性分区

Fig. 3 Development of suitability zoning on Pingtan Island based on eco-economic analysis

不适宜开发区域面积约为 61.87 km², 占全岛面积比例约为 21.98%, 主要为山区和县城建成区, 此区域地势较高、坡度较大, 处于地质灾害重点防治区, 县城处于城市建成区, 可利用的开发用地很少。

限制性开发区域主要位于北部和南部的丘陵区域, 大部分处于适宜开发区域和不适宜开发区域的过渡区域, 大部分位于低矮丘陵区域、防护林区域或者沿海滩涂区域。

适宜开发区域面积约为 112.19 km², 占全岛面积比例约为 39.85%, 主要为平原区域, 此区域地势平坦、耕地广布、交通较为便利、地质灾害很少。此区域是平潭传统的农业区, 交通便利, 村镇广布。

2.2 产业适宜性评价

2.2.1 基于生态-经济适宜性评价结果的聚类分析

利用各乡镇不适宜、限制性和适宜开发区域的面积比例进行层次聚类分析, 得到平潭岛各乡镇的生态-经济适宜性聚类结果(图 5)。由图 5 可知, 在

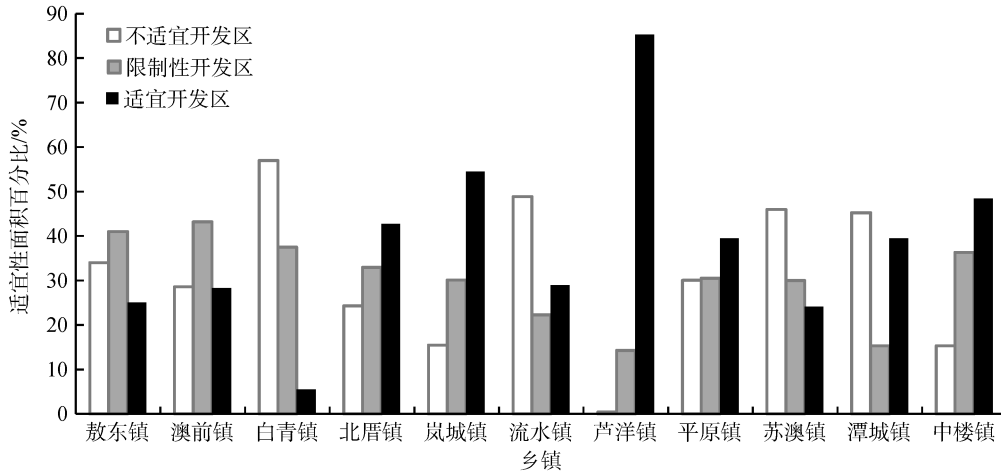


图 4 平潭岛各乡镇生态-经济适宜性分区的面积百分比

Fig. 4 Partition percentages of eco-economic suitability zoning in towns on Pingtan Island

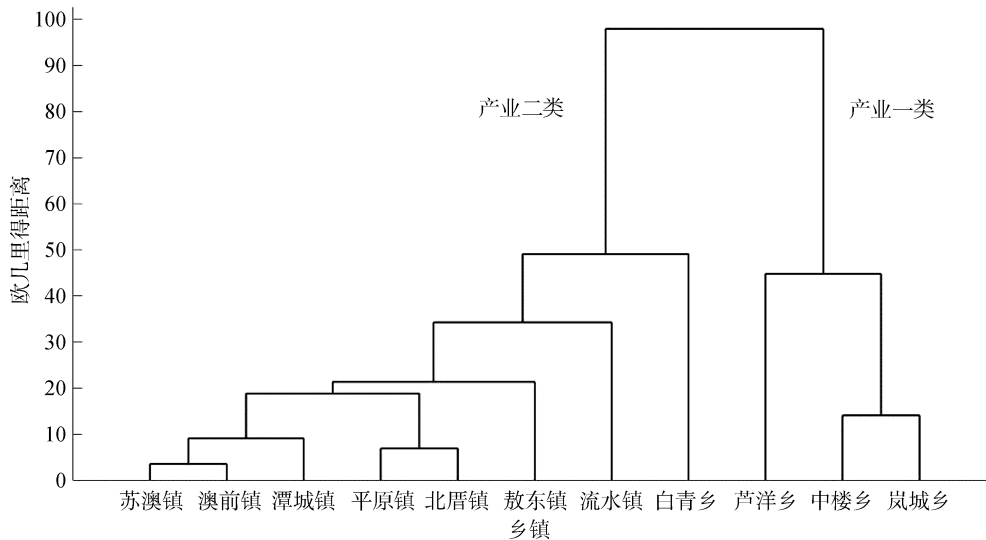


图 5 平潭岛各乡镇聚类结果

Fig. 5 Town clustering results

欧几里得距离大于 50 时可将 11 个乡镇分为两类：产业一类和产业二类。产业一类乡镇主要分布于中部平原区域，适宜开发区域的面积较大；产业二类乡镇主要分布于沿海丘陵区域，适宜开发区域面积比例较小，限制性开发区域和不适宜开发区域的比例较大。

2.2.2 产业发展分析

图 6 为 2012 年平潭岛各乡镇产业发展情况(种植业和渔业数据为 2013 年数据)。由于平潭海岛的特殊性，农业中的种植业和渔业较发达，而其他农业门类相对较弱，本研究主要分析种植业和渔业的发展情况。同样由于第三产业行业甚多，本研究根据平潭岛的特点和产业发展现状，主要分析旅游业发展情况。

2.2.2.1 种植业发展情况

由于受到海岛自然条件的限制，平潭岛土地资源条件薄弱。人多地少，经营以农户家庭经营为主体，种植业基础设施相对薄弱，耕作管理方式比较粗放，农业生态脆弱，集约化程度不高，进而也导致平潭岛的种植业总产值不高。2013 年，平潭岛种植业产值较高的是中部平原区的中楼乡、岚城乡和芦洋乡以及处于东部的流水镇(图 6)。

2.2.2.2 渔业发展情况

由于独特的自然地理位置和资源优势，平潭的渔业捕捞和养殖业都很发达，是全国重点渔业县之一。平潭岛渔业产值较高的是处于北部沿海的苏澳、白青，东部沿海的流水镇、澳前镇和南部沿海的敖东镇(图 6)。

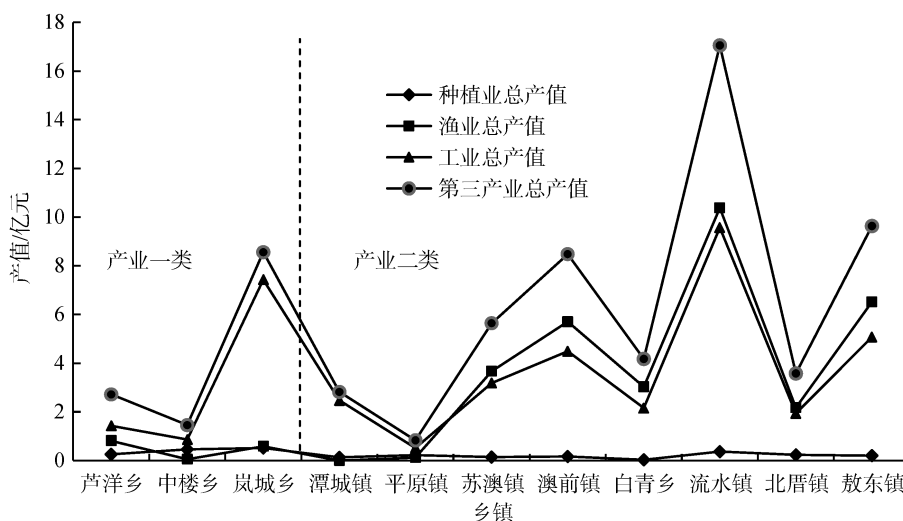


图6 平潭岛产业发展现状

Fig. 6 Industrial development on Pingtan Island

2.2.2.3 工业发展情况

平潭工业产值较高的是中部平原区的岚城乡和沿海区的流水镇。由图6可知,沿海区各乡镇的工业产值与渔业产值的相关性较高($R^2=0.8937$),说明平潭岛的工业与渔业的相关性较高,这也与事实相符:苏澳镇的造船业发展较好,敖东镇、流水镇的水产品加工业发达。

2.2.2.4 第三产业发展情况

平潭第三产业产值较高的是中部平原区的岚城乡和沿海区的澳前镇、流水镇和敖东镇。平潭岛旅游资源十分丰富,类型多样,且极具特色。其中,海滨沙滩、海蚀形态、奇特造型山石、典型地质构造、浪潮景观、海域游览、森林风光、湖泊、大型渔业养殖场、游乐活动场所、休疗养环境、乡土建筑等具有很高的旅游观赏价值。近些年,随着旅游资源的初步开发,平潭县旅游业得到了快速发展。

2.2.3 产业适宜性评价

2.2.3.1 产业一类乡镇产业适宜性分析

产业一类乡镇包括分布于中部平原区域的芦洋乡、中楼乡和岚城乡,适宜发展种植业、农产品加工业(见表3和图7)。中部区域地势平坦,土地肥沃,面积较大,为传统的农业种植区。为提高农产品附加值,中部区域应该在发展种植业的同时,大力发展农产品加工业,对其特色农产品(如红薯、花生等)进行加工再出售,提高居民的收入,进而促进种植业的发展。

2.2.3.2 产业二类乡镇产业适宜性分析

分布于沿海丘陵区域的产业二类乡镇适宜发展

渔业、旅游业(见表3和图7)。沿海乡镇具有天然的地理优势,是传统的渔业捕捞和养殖区,渔业也是部分乡镇的传统支柱产业。由于拥山临海,沿海乡镇也有着丰富的自然景观和人文景观,如流水镇的君山、敖东镇的将军山、北厝镇的三十六脚湖和敖东镇的田美澳沙滩等自然景观,其发展旅游业的条件得天独厚。作为平潭县的行政中心,潭城镇有着较为完善城市基础设施,是平潭岛发展商业的首选之地。而流水镇和平原镇虽然属于沿海乡镇,但是也有着较好的耕地,适合在发展渔业、旅游业的同时,适当发展休闲农业、特色农业,与旅游业等形成良性互动。

3 讨论

3.1 适宜性空间变化

适宜性空间差异性分析显示,适宜开发区主要分布于中部平原区域,而不适宜开发区主要分布于丘陵地带。关小克等^[24]的研究亦表明,自然适宜性较高的耕地主要为山前地带,中适宜度耕地主要分布于平原与山地交接地带,而适宜度较低的则分布于山区。这与其他的研究结论类似^[9, 39]。平潭岛北、中和南部的沿海乡镇适宜产业为旅游业和渔业,既是考虑到生态-经济适宜性因素、资源优势和发展现状,也有利于旅游业发挥规模效应、成片发展,保护生态完整性和景观连通性,形成平潭岛的生态屏障^[40-41];而中部平原区发展种植业和农产品加工业,可以使产业集中发展,有利于集中供水、供电和处理污染物。

表 3 平潭岛各乡镇产业发展建议

Tab. 3 Industrial development recommendations for towns on Pingtan Island

产业类型	乡镇	产业发展建议				
		种植业	渔业	农产品加工业	旅游业	商业
产业一类	芦洋乡	●	-	●	-	-
	中楼乡	●	-	●	-	-
	岚城乡	●	-	●	-	●
产业二类	潭城镇	-	-	-	●	●
	平原镇	●	-	-	●	-
	苏澳镇	-	●	-	●	-
	白青乡	-	●	-	●	-
	流水镇	●	●	-	●	-
	澳前镇	-	●	-	●	-
	北厝镇	-	●	●	●	-
	敖东镇	-	●	-	●	-

注：“●”表示某乡(镇)适宜某种产业；“-”表示某乡(镇)不适宜某种产业

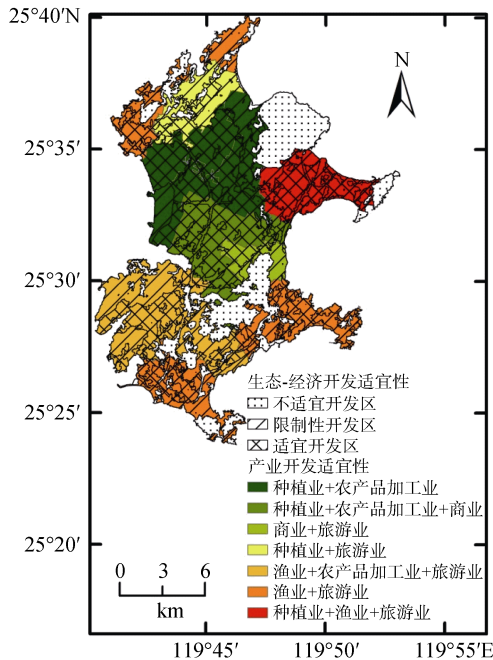


图 7 平潭岛开发适宜性分区

Fig. 7 Development of suitability zoning on Pingtan Island

3.2 对于海岛规划的启示

本研究根据平潭岛生态、经济和产业资料，分别从经济适宜性和生态适宜性两方面构建了平潭岛开发适宜性的评价指标体系，通过对评价要素的空间叠加，评价平潭岛生态-经济适宜性的空间分布及进行适宜性分区，并结合产业适宜性分析，对平潭岛各乡镇的开发适宜性进行了分析。研究结果可以为从全岛尺度上进行综合开发利用规划提供参考，也

有利于各种专项规划和区域性规划的编制。例如，在编制旅游规划时，应更多地考虑平潭岛北部、东部和南部的沿海乡镇，并考虑将旅游景点之间的交通、服务设施合理布置，使其形成规模效益；处于平潭岛东部的流水镇虽然是传统的农业和工业大镇，但其也有着丰富的旅游资源、优越的地理位置和便捷的交通，在保持其传统的农业和农产品加工业优势同时，应该大力发展旅游业，减少对海洋资源的依赖和海洋环境的影响，协调、可持续地发展。

4 结论

1) 本研究基于平潭岛生态、经济和产业资料，利用 GIS 和 AHP 方法，建立了海岛生态-经济适宜性评价方法，对平潭岛生态-经济适宜性进行评价并进行适宜性分区。

2) 生态-经济适宜性分区表明：不适宜开发区域、适宜开发区域、限制性开发区域和的面积分别为 61.87、112.19 和 107.48 km²，分别占全岛面积的 21.98%、39.85%和 38.17%。

3) 本研究聚类分析和产业发展分析，将 11 个乡镇分成产业一类和产业二类：中部平原区域的芦洋乡、中楼乡、岚城乡为产业一类，沿海丘陵区域的潭城镇、平原镇、苏澳镇、流水镇、澳前镇、北厝镇、敖东镇和白青乡为产业二类。

4) 产业分析表明：产业一类乡镇适宜发展种植业、农产品加工业，产业二类乡镇适宜发展渔业、旅游业。沿海乡镇的生态保护有利于旅游业发展和生态完整性，中部区域的产业集中则有利于降低能源

供应和污染处理的成本。

5) 生态-经济-产业综合分析方法能够较全面地分析海岛资源与环境特点,并结合产业发展分析其产业适宜性,结果可用于海岛开发适宜性评价,可为海岛规划提供决策支持。

致谢:感谢周培在图件制作方面给予的帮助。

参考文献:

- [1] Steiner F, McSherry L, Cohen J. Land suitability analysis for the Upper Gila River Watershed[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2000, 50: 199-214.
- [2] 孙晓燕, 李希彬. 2004~2013年中国海洋科学研究热点分析——基于期刊论文关键词的计量分析[J]. *海洋科学*, 2016, 40(2): 110-117.
Sun Xiaoyan, Li Xibin. Focus of marine scientific research in China during 2004~2013 based on bibliometric analysis of keywords from scientific papers[J]. *Marine Sciences*, 2016, 40(2): 110-117.
- [3] 韩增林, 狄乾斌. 中国海洋与海岛发展研究进展与展望[J]. *海洋科学进展*, 2011, 30(12): 1534-1537.
Han zenglin, Di Qianbin. Research progress on ocean and sea island development [J]. *Progress in Geography*, 2011, 30(12): 1534-1537.
- [4] 林河山, 廖连招. 从海岛的战略地位谈海岛生态环境保护的必要性[J]. *海洋开发与管理*, 2010, 27(1): 5-8.
Lin Heshan, Liao Lianzhao. Discussion on the necessity of island ecological environment protection from the strategic position of islands[J]. *Ocean Development and Management*, 2010, 27(1): 5-8.
- [5] 张曙光. 中国海岛开发与保护[M]. 北京: 海洋出版社, 2012.
Zhang Shuguang. Chinese island development and protection[M]. Beijing: Science Press, 2012.
- [6] McHarg I L. Design with Nature[M]. Garden City: Natural History Press, 1969.
- [7] Reshmidevi T V, Eldho T I, Jana R. A GIS-integrated fuzzy rule-based inference system for land suitability evaluation in agricultural watersheds[J]. *Agricultural Systems*, 2009, 101: 101-109.
- [8] Mendas A, Delali A. Integration of multicriteria decision analysis in GIS to develop land suitability for agriculture: application to durum wheat cultivation in the region of Mleta in Algeria[J]. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2012, 83: 117-126.
- [9] Halil A, Ayse Y Ö, Bülent T. Agricultural land use suitability analysis using GIS and AHP technique[J]. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2013, 97: 71-82.
- [10] Wang Dacheng, Li Cunjun, Song Xiaoyu, et al. Assessment of land suitability potentials for selecting winter wheat cultivation areas in Beijing, China, using RS and GIS[J]. *Agricultural Sciences in China*, 2011, 10(9): 1419-1430.
- [11] Yu Jia, Chen Yun, Wu Jianping, et al. Cellular automata-based spatial multi-criteria land suitability simulation for irrigated agriculture[J]. *International Journal of Geographical Information Science*, 2011, 25(1): 131-148.
- [12] Liu Yaolin, Jiao Limin, Liu Yanfang, et al. A self-adapting fuzzy inference system for the evaluation of agricultural land[J]. *Environmental Modelling and Software*, 2013, 40: 226-234.
- [13] Pham D U, Nobukazu N. Application of land suitability analysis and landscape ecology to urban greenspace planning in Hanoi, Vietnam[J]. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2008, 7: 25-40.
- [14] Sharareh P, Mehrdad H, Mazlin B M, et al. Analytic network process for criteria selection in sustainable coastal land use planning[J]. *Ocean & Coastal Management*, 2010, 53: 544-551.
- [15] Marull J, Pino J, Mallarach J M, et al. A land suitability index for strategic environmental assessment in metropolitan areas[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2007, 81: 200-212.
- [16] Wang Shidong, Liu Changhua, Zhang Hebing. Suitability evaluation for land reclamation in mining area: A case study of Gaoqiao bauxite mine[J]. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, 2011, 21: 506-515.
- [17] Cerreta M, Toro P D. Urbanization suitability maps: a dynamic spatial decision support system for sustainable land use[J]. *Earth System Dynamics*, 2012, 3: 157-171.
- [18] Xu Kai, Kong Chunfang, Li Jiangfeng, et al. Suitability evaluation of urban construction land based on geo-environmental factors of Hangzhou, China[J]. *Computers & Geosciences*, 2011, 37: 992-1002.
- [19] 汪丽, 孙鹏举, 刘学录, 等. 白银市低丘缓坡土地建设开发适宜性评价[J]. *中国农学通报*, 2013, 29(29): 138-142.
Wang Li, Sun Pengju, Liu Xuelu, et al. The suitability evaluation on converting the mild slope of low mountains and hills to construction land in Baiyin area[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2013, 29(29): 138-142.
- [20] 魏海, 秦博, 彭建, 等. 基于GRNN模型与邻域计算的低丘缓坡综合开发适宜性评价——以乌蒙山集中连片特殊困难片区为例[J]. *地理研究*, 2014, 33(5): 831-841.
Wei Hai, Qin Bo, Peng Jian, et al. Evaluation on comprehensive exploitation suitability of low-slope hilly

- land based on GRNN model and neighborhood calculation: A case study of Wumeng Mountain continuous poverty-stricken region[J]. *Geographical Research*, 2014, 33(5): 831-841.
- [21] 唐常春, 孙威. 长江流域国土空间开发适宜性综合评价[J]. *地理学报*, 2012, 67(12): 1587-1598.
Tang Changchun, Sun Wei. Comprehensive evaluation of land spatial development suitability of the Yangtze River basin[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2012, 67(12): 1587-1598.
- [22] 孙伟. 太湖流域空间开发适宜性分区与失衡性评估[J]. *湖泊科学*, 2012, 24(1): 9-16.
Sun Wei. Regionalization of spatial development suitability and evaluation of spatial unbalance in Taihu Basin[J]. *Journal of Lake Sciences*, 2012, 24(1): 9-16.
- [23] 陈雯, 孙伟, 段学龙, 等. 苏州地域开发适宜性分区[J]. *地理学报*, 2006, 61(8): 839-846.
Chen Wen, Sun Wei, Duan Xuelong, et al. Regionalization of regional potential development in Suzhou City[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2006, 61(8): 839-846.
- [24] 关小克, 张凤荣, 李乐, 等. 北京市耕地后备资源开发适宜性评价[J]. *农业工程学报*, 2010, 26(2): 304-310.
Guan Xiaoke, Zhang Fengrong, Li Le, et al. Suitability evaluation of reserve resources of cultivated land development in Beijing[J]. *Transactions of the CSAE*, 2010, 26(12): 304-310.
- [25] 刘述锡, 王卫平, 孙淑艳, 等. 无居民海岛开发利用适宜性评价方法研究[J]. *海洋环境科学*, 2013, 32 (5): 783-786.
Liu Shuxi, Wang Weiping, Sun Shuyan, et al. Assessment method of development and utilization in uninhabited islands[J]. *Marine Environmental Science*, 2013, 32 (5): 783-786.
- [26] 林志兰, 黄宁, 陈秋明, 等. 无居民海岛开发适宜性评价指标体系的构建和在厦门海域的应用[J]. *台湾海峡*, 2012, 31(1): 136-142.
Lin Zhilan, Huang Ning, Chen Qiuming, et al. Index system establishment for exploitation suitability assessment of uninhabited island and its application in Xiamen sea area[J]. *Journal of Oceanography in Taiwan Strait*, 2012, 31(1): 136-142.
- [27] 周家艳, 李冰, 黄夏银, 等. 基于层次分析法的生态敏感海岛开发决策研究——以江苏沿海地区发展规划环评为例[J]. *海洋科学*, 2012, 36(5): 18-23.
Zhou Jiayan, Li Bing, Huang Xiayin, et al. Development decision of ecologically sensitive island based on analytic hierarchy process—A case on environmental impact assessment of development planning in Jiangsu coastal areas[J]. *Marine Sciences*, 2012, 36(5): 18-23.
- [28] 高洪生, 马荣欣. 平潭岛地下水脆弱性评价[J]. *亚热带水土保持*, 2009, 21(4): 28-31.
Gao Hongsheng, Ma Rongxin. Assessment of groundwater vulnerability at Pingtan Island[J]. *Subtropical Soil and Water Conversation*, 2009, 21(4): 28-31.
- [29] 郭晓峰, 吴耀建, 姜尚, 等. 海岛生态脆弱性驱动机制及对策措施初探——以平潭岛为例[J]. *海峡科学*, 2009, 27(3): 3-5.
Guo Xiaofeng, Wu Yaojian, Jiang Shang, et al. Study on driving mechanism and countermeasure of island ecological fragility—a case study of Pingtan Island[J]. *Strait Science*, 2009, 27(3): 3-5.
- [30] 郭佳蕾, 黄义雄. 基于 AHP 和模糊综合评判法的平潭县生态系统脆弱性评价[J]. *防护林科技*, 2016, 156(9): 18-21.
Guo Jialei, Huang Yixiong. Assessment of ecosystem vulnerability in Pingtan County based on AHP and fuzzy comprehensive evaluation[J]. *Protection Forest Science and Technology*, 2016, 156(9): 18-21.
- [31] 林心仁. 平潭岛东北部海岸侵蚀及其影响[J]. *福建地质*, 2006, 3: 154-158.
Lin Xinren. Coastal erosion of northeast Pingtan Island and its influence[J]. *Geology of Fujian*, 2006, 3: 154-158.
- [32] 平潭综合实验区管委会. 平潭综合实验区总体规划(2011~2030)[R]. 平潭: 平潭综合实验区管委会, 2012.
Pingtan Comprehensive Experimental Zone Management Committee. Overall plan of Pingtan comprehensive experimental zone (2011—2030)[R]. Pingtan: Pingtan Comprehensive Experimental Zone Management Committee, 2012.
- [33] 平潭综合实验区统计局. 2013 年平潭综合实验区统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2014.
Statistics Bureau of Pingtan Comprehensive Experimental Zone. Statistical Yearbook of Pingtan Comprehensive Experimental Zone for 2013[M]. Beijing: China Statistics Press, 2014.
- [34] 平潭综合实验区统计局. 2014 年平潭综合实验区统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2015.
Statistics Bureau of Pingtan Comprehensive Experimental Zone. Statistical Yearbook of Pingtan Comprehensive Experimental Zone for 2014[M]. Beijing: China Statistics Press, 2015.
- [35] 国家海洋局第三海洋研究所. 平潭综合实验区总体规划环境影响报告书 [R]. 厦门: 国家海洋局第三海洋研究所, 2013.
Third Institute of Oceanography, State Oceanic Administration. Environmental impact assessment report for overall plan of Pingtan comprehensive experimental zone[R]. Xiamen: Third Institute of Oceanography, State Oceanic Administration, 2013.
- [36] Chen Haisheng, Liu Guoshun, Yang Yongfeng, et al.

- Comprehensive evaluation of tobacco ecological suitability of Henan Province based on GIS[J]. *Agricultural Sciences in China*, 2010, 9(4): 583-592.
- [37] Li Bo, Zhang Feng, Zhang Liwen, et al. Comprehensive suitability evaluation of tea crops using GIS and a modified land ecological suitability evaluation model[J]. *Pedosphere*, 2012, 22(1): 122-130.
- [38] 王筱明. 基于生态适宜性的济南市山地丘陵区荒地资源开发研究[J]. *水土保持研究*, 2013, 20(4): 264-267.
Wang Xiaoming. Exploitation of uncultivated land based on ecological suitability—a case study in hill and mountain area of Ji'nan City[J]. *Research of Soil and Water Conservation*, 2013, 20(4): 264-267.
- [39] 类淑霞, 郝晋珉, 王丽敏. 生态脆弱区宜耕未利用土地开发适宜性评价——以山西省大同市为例[J]. *中国生态农业学报*, 2011, 19(6): 1417-1423.
Lei Shuxia, Hao Jinmin, Wang Limin. Evaluation of exploitation suitability of unutilized arable lands in ecologically fragile areas—A case study of Datong City, Shanxi Province[J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2011, 19(6): 1417-1423.
- [40] 李猷, 王仰麟, 彭建, 等. 基于景观生态的城市土地开发适宜性评价: 以丹东市为例[J]. *生态学报*, 2010, 30(8): 2141-2150.
Li You, Wang Yanglin, Peng Jian, et al. Assessment of urban land suitability for construction in view of landscape ecology: a case study of Dandong City[J]. *Acta Ecologica Sinica*. 2010, 30(8): 2141-2150.
- [41] 焦胜, 李振民, 高青, 等. 景观连通性理论在城市土地适宜性评价与优化方法中的应用[J]. *地理研究*, 2013, 32(4): 720-730.
Jiao Sheng, Li Zhenmin, Gao Qing, et al. The application of landscape connectivity theory in urban ecology suitability assessment and optimization[J]. *Geographical Research*, 2013, 32(4): 720-730.

Assessment of the Pingtan Island land development suitability based on comprehensive ecological–economic–industrial analysis

LI Qing-sheng¹, HUANG Jin-liang², WANG Cui¹, WANG Bing-kun¹, WU Yao-jian¹, ZHANG Ji-wei¹, LIN He-shan³, LUO Han-hong²

(1. Third Institute of Oceanography, State Oceanic Administration, Xiamen 361005, China; 2. College of the Environment and Ecology, Xiamen University, Xiamen 361005, China; 3. Island Research Center, State Oceanic Administration, Pingtan 350400, China)

Received: Jul. 22, 2016

Key words: comprehensive ecological–economic–industrial analysis; development suitability; geographical information system (GIS)–analytic hierarchy process (AHP)–cluster analysis (CA) method; the Pingtan Island

Abstract: In this paper, we establish an effective method for evaluating the development of zoning suitability on the Pingtan Island. The methods used include a geographical information system (GIS), an analytic hierarchy process (AHP), and cluster analysis (CA) based on natural, economic, and industrial information. Our results show that the land areas with suitable, restrictive, and inappropriate development total 112.19, 107.48, and 61.87 km², respectively, which account for 39.85%, 38.17%, and 21.98% of the island. We divided 11 towns into two categories based on their proportions of appropriate, restrictive, and inappropriate areas. Towns in the central plains region (Category 1) were suitable for farming and industries that process agricultural products, whereas coastal towns (Category 2) were suitable for the development of fisheries and tourism. We conclude that our proposed development evaluation method comprising a comprehensive ecological–economic–industrial analysis is appropriate for application to Pingtan Island.

(本文编辑: 刘珊珊)